

EUROPEAN PATENT OFFICE

Patent Abstracts of Japan

PUBLICATION NUMBER : 07071945
PUBLICATION DATE : 17-03-95

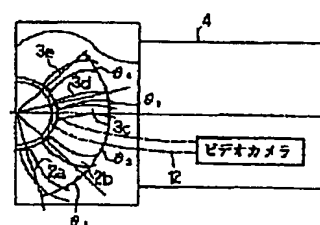
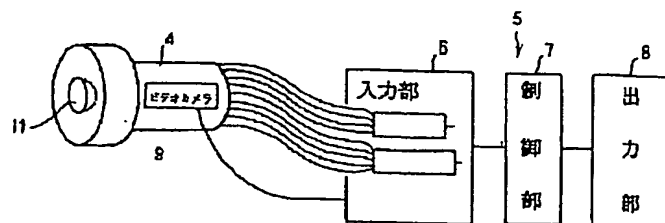
APPLICATION DATE : 07-08-92
APPLICATION NUMBER : 04211670

APPLICANT : SUMITA KOGAKU GLASS:KK;

INVENTOR : MARUYAMA FUMIO;

INT.CL. : G01B 11/30 A61B 5/107 G01N 21/57

TITLE : METHOD AND DEVICE FOR
MEASURING SURFACE SHAPE



ABSTRACT : PURPOSE: To precisely analyze the surface condition of an object as to gloss, etc., by applying light to the surface for analysis of an object with the varying angle of illumination of plural illuminating light paths, measuring the reflectivity of the light, and comparing the reflectivity with a reference reflectivity measured in advance.

CONSTITUTION: To measure the surface reflectivity of the skin of a human body, a head 4 is made to abut on a predetermined portion to be measured, and inputs from an input portion 6, a control portion 7 and an output portion 8 are turned on to measure the surface reflectivity of the skin. Light is applied to the surface for analysis of an object from one of plural illuminating light paths 2a, 2b and a plurality of receiving light paths 3c-3d each receive the illuminating light reflected from the surface for analysis. While an angle of analysis, which is the sum of the angle at which the optical paths 3c-3e receive the light and the angle at which the optical paths 2a, 2b give off light, is varied by the selecting of the optical paths 2a, 2b in sequence, the reflectivity of the light on the surface for analysis is measured and compared with the premeasured reflectivity of light on a reference surface, so as to analyze the surface condition of the object.

COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-71945

(43) 公開日 平成7年(1995)3月17日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F 1

技術表示箇所

G 0 1 B 11/30

Z

A 6 1 B 5/107

G 0 1 N 21/57

9118-2 J

8825-4 C

A 6 1 B 5/10

3 0 0 Q

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平4-211670

(22) 出願日 平成4年(1992)8月7日

(71) 出願人 000000918

花王株式会社

東京都中央区日本橋茅場町1丁目14番10号

(71) 出願人 391009936

株式会社住田光学ガラス

埼玉県浦和市針ヶ谷四丁目7番25号

(72) 発明者 南 浩治

千葉県松戸市野菊野1-1012

(72) 発明者 堀田 肇

千葉県佐倉市中志津3-28-1-302

(72) 発明者 丸山 文夫

埼玉県大里郡岡部町岡96-8

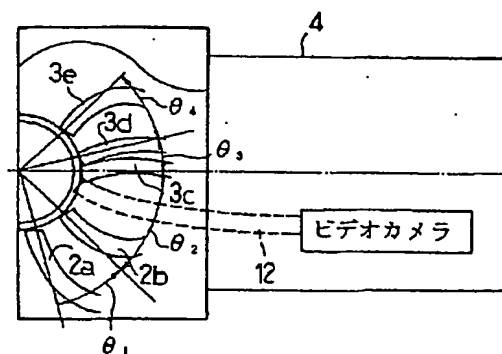
(74) 代理人 弁理士 羽鳥 修

(54) 【発明の名称】 表面性状測定方法及びその装置

(57) 【要約】

【目的】 物体表面における「質感」、「光沢」、「つや」等の状態を適確に解析できる表面性状測定方法及びその装置の提供。

【構成】 本発明の表面性状測定方法及びその装置は、互いに照射角の異なる複数の照射光路2a~2dの一つから物体表面の被解析面に光を照射し、複数の受光光路3a~3eのそれぞれに被解析面における上記照射光の反射光を受光させ、上記複数の照射光路2a~2dを種々選択することによって、上記受光光路3a~3eの受光角 θ_3 、 θ_4 、 θ_5 、 θ_6 と照射光路2a~2dの照射角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 との和である解析角を種々変えて、複数の解析角における被解析面に対する光の反射率を測定し、予め測定された基準となる表面の光の反射率と比較して物体の表面の状態を解析する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 互いに照射角の異なる複数の照射光路の一つから物体表面の被解析面に光を照射し、被解析面で反射した上記照射光の反射光を互いに受光角の異なる複数の受光光路で受光させ、上記複数の照射光路を種々選択することによって照射光路の照射角を変化させて上記受光角と上記照射角との和である解析角を種々変え、複数の解析角における被解析面に対する光の反射率を測定し、予め測定された基準となる表面の光の反射率と比較して物体の表面の状態を解析することとを特徴とする表面性状測定方法。

【請求項2】 物体表面の被解析面に光を照射する、互いに照射角が異なる複数の照射光路と、上記被解析面で反射した上記照射光の反射光を受光する複数の受光光路と、上記複数の照射光路を種々選択する入力部と、上記全ての受光光路から受光した光の反射率を出力信号に変換する制御部と、予め測定された基準となる表面の光の反射率と比較して皮膚表面の状態を解析する出力部とを備えることを特徴とする表面性状測定装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、物体の表面の状態、特に人体の皮膚表面における「質感」、「光沢」や「つや」等の状態を解析する表面性状測定方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 一般に、物体表面の凹凸、平坦度、光沢、つや等の表面状態を解析する方法として、物体表面における光反射率を測定する方法が知られている。例えば、特開昭52-62082号公報には、鏡面の表面に光を照射し、該照射光の反射光を検光器が検出して、正反射強度を測定することによって、鏡の平坦度等の表面状態を解析する方法が開示されている。

【0003】 また、特開平2-57949号公報には、照射器を固定し、受光器の受光角を種々変化させて皮膚表面を測定する技術が開示されており、即ち、入射角を一定とし、受光角を、 20° 、 45° 、 60° 等種々変化させ、それぞれの角度における反射面からの反射光の強度を測定し、これによって鏡面光沢度等を解析している。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかし乍ら、上述した前者の従来技術にあっては、入射角と受光角とは、それぞれ固定されており、常に一定の角度を形成して測定するものであるから、対象となる被解析面が鏡等における単なる平坦度を測定する場合には、このように、一定の反射光のみを受光するもので充分であるが、人体の肌等の複雑な方向の凹凸を有する被解析面の光沢等の状態を解析することができない。

【0005】 一方、後者の従来技術にあっては、受光角

を変化させるものであるから、皮膚等の複雑な凹凸を有する表面状態の解析をすることができるが、受光光路のなす角度を変化させただけでは、被解析面における微小素面分布を測定することができない。ここで、微小素面は、皮膚の凹凸面の壁面を形成する種々の方向を向いた面であって、微小素面分布は、一定の方向を向いた微小素面の分布状態をいう。即ち、肌等のような複雑な凹凸を有する被解析面において光沢等を測定する場合、単に平坦度や反射の度合では足りず、凹凸面を形成する微小素面分布を測定することが必要である。

【0006】 具体的には、粗い形状をもった物体表面の反射光は、広い角度範囲にわたって分布するが、反射光分布の測定を効率よく行うためには、受光角度のみならず、照射角度を種々変化させ、しかもその測定を自動的に短時間でおこなう必要がある。また、粗い形状をもった物体表面の「つや」、「光沢」等の見え方と、その物体の表面の形状とを関連させて表面状態の解析をおこなうためには、照射光路と受光光路とのなす角度を種々変化させて反射強度の測定を行う必要がある。なぜなら、この方法で測定した反射光分布は、照射方向と受光方向を2等分する方向を向いた微小素面の分布に一致するからである。しかし、従来の技術では、かかる微小素面分布を測定することができず、複雑な凹凸を有する皮膚表面の「肌の光沢」や「肌のつや」を適確に測定することができないという問題点があった。

【0007】 従って、本発明の目的は、物体表面における「質感」、「光沢」、「つや」等の状態を適確に解析できる表面性状測定方法及びその装置を提供することである。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明は、互いに照射角の異なる複数の照射光路の一つから物体表面の被解析面に光を照射し、被解析面で反射した上記照射光の反射光を互いに受光角の異なる複数の受光光路で受光させ、上記複数の照射光路を種々選択することによって照射光路の照射角を変化させて上記受光角と上記照射角との和である解析角を種々変え、複数の解析角における被解析面に対する光の反射率を測定し、予め測定された基準となる表面の光の反射率と比較して物体の表面の状態を解析することとを特徴とする表面性状測定方法を提供することにより、上記目的を達成したものである。更に本発明は、物体表面の被解析面に光を照射する、互いに照射角が異なる複数の照射光路と、上記被解析面で反射した上記照射光の反射光を受光する複数の受光光路と、上記複数の照射光路を種々選択する入力部と、上記全ての受光光路から受光した光の反射率を出力信号に変換する制御部と、予め測定された基準となる表面の光の反射率と比較して皮膚表面の状態を解析する出力部とを備えることを特徴とする表面性状測定装置を提供することにより上記目的を達成したものである。

【0009】

【作用】本発明の表面性状測定方法は、まず、予め所定の角度に設定された複数の照射光路の中の一つを特定し、照射光を物体表面の被解析面に導き、互いに受光角の異なる複数の受光光路における反射光強度を測定する。続いて、照射角度の異なる他の照射光路についても同様に測定し、種々の照射角度及び種々の受光角度における反射光強度を測定する。次に、上述した反射率の測定値から反射光分布を予め基準となる反射光分布と比較して、被測定物体表面の「質感」、「光沢」、「つや」等の表面状態を解析する。

【0010】

【実施例】以下に、添付図面を参照して、本考案の好ましい実施例を説明する。尚、以下の実施例では、被解析面として人体の肌を例に用いた場合について説明する。最初に、本発明の実施例に用いられる表面性状測定装置1について説明する。表面性状測定装置1には、図1～図4に示すように、照射光路2a～2d及び受光光路3a～3eが配置され、被解析面に当てるヘッド4と、ヘッド4における照射光路2a～2d及び受光光路3a～3eを制御する本体5から構成されている。

【0011】本体5は、照射光路2a～2dの光源及び受光光路3a～3eを制御する入力部6と、入力部の作動及び反射率の出力信号を制御する制御部7と、該出力信号を処理して表示し、または予め測定された基準となる表面の光の反射率と比較して皮膚表面の状態を解析する出力部8とを備えており、更に、表面性状測定装置1には、被解析面の表面状態を写し出すビデオカメラ9が装備されている。

【0012】ヘッド4は、手の平程度のコンパクトなサイズに形成されており、片手で持って肌の表面上を移動できる寸法である。このヘッド4には、図2～図4に示すように、入射光路として4本の入射用光ファイバー2a～2dと、受光光路として5本の受光用光ファイバー3a～3eが配置されており、これらの入射用光ファイバー2a～2dと受光用光ファイバー3a～3eとは、凹み状の半球面11において、それぞれ所定角度を形成するように配置されている。

【0013】即ち、図2において、入射用光ファイバー2a、2b及び受光用光ファイバー3c、3d、3eと、入射用光ファイバー2c、2d及び受光用光ファイバー3c、3b、3aとが、凹状球面において、それぞれ一列状に配置されており、互いの列が図2において直交するように配置されている。そして、各光ファイバー2a～2d、3a～3eはそれぞれ所定の角度 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 、 θ_5 、 θ_6 、 θ_7 、 θ_8 を形成している。ここで、図3及び図4において、 θ は入射用光ファイバー2aと入射用光ファイバー2bとの成す角度、 θ は入射用光ファイバー2bと受光用光ファイバー3cとの成す角度、 θ は受光用光ファイバー3cと受光

用光ファイバー3dとの成す角度、 θ は受光用光ファイバー3dと受光用光ファイバー3eとの成す角度、 θ は受光用光ファイバー3aと受光用光ファイバー3bとの成す角度、 θ は受光用光ファイバー3bと受光用光ファイバー3cとの成す角度、 θ は受光用光ファイバー3cと入射用光ファイバー2cとの成す角度、 θ は受光用光ファイバー3cと入射用光ファイバー2cとの成す角度である。

【0014】かかる各角度 $\theta_1 \sim \theta_8$ は、任意の角度に設定されるが、本実施例では、 θ_1 が 30° 、 θ_2 が 45° 、 θ_3 が 15° 、 θ_4 が 30° 、 θ_5 が 30° 、 θ_6 が 30° 、 θ_7 が 30° 、 θ_8 が 30° である。合計9本の各入射用光ファイバー2a～2d及び受光用光ファイバー3a～3eはそれぞれ入力部6に接続されており、その入射及び受光が制御されている。ヘッド4には、更にビデオカメラの映像取り込み用ファイバー12が配置されており、ビデオカメラによる撮影ができるようになっている。

【0015】入力部6は、光源として、各入射用光ファイバー2a～2dの基端に接続された4個のランプ13、及びランプスイッチ14、ランプ点灯制御装置15が設けられており、所定の入射用光ファイバー2a～2dから選択的に且つ連続的に順次光照射するようになっている。また、入力部6において、各受光用光ファイバー3a～3eの基端にはそれぞれ5個の受光素子16と、アナログ信号増幅器17、増幅制御装置18が接続されており、受光した光の強度を出力信号に変換するようになっている。

【0016】更に、入力部6には、映像取り込み用ファイバー12の映像の制御をするビデオカメラ19とこのビデオカメラを制御するカメラ制御装置20が設けられ、ファイバー12に取り込まれる映像を制御するようになっている。

【0017】制御部7には、ランプ点灯制御装置15と増幅器制御装置18とに連結されたアナログ回路制御装置21、アナログ信号増幅器に連結されたアナログ/デジタル信号処理変換器22、ビデオカメラ19に連結され、出力装置8のCRT（カソードレイチップ）を制御するCRT制御装置23が設けられており、これらのアナログ回路制御装置21、アナログ/デジタル信号処理変換器22、CRT制御装置23はデジタル信号処理装置24に接続されており、測定データをデジタル処理するとともにマイクロコンピュータからの命令を各装置に伝達するようになっている。

【0018】出力部8には、マイクロコンピュータ25及びCRT26が設けられており、予め測定された基準となる物体の表面の光の反射率と比較して、演算処理して、必要に応じてグラフ化し、またはランク付けによる評価をするようになっている。具体的には、被解析面が肌の場合には、予め「肌の光沢」やいわゆる「肌のつ

や」と反射率の相関関係を入力しておいたデータに基づいて演算し、かかる「肌荒れ状態」を指標する。一方、CRT26では同時に、ビデオカメラで撮影した皮膚表面の状態が拡大映像で表示される。

【0019】次に、表面性状測定装置を用いた本実施例の作用について説明する。まず、人体の肌の表面反射率を測定する際には、ヘッド4を測定すべき所定の部位、例えば、額、頬に当接させ、入力部6、制御部7及び出力部8の入力をONにして、肌の表面反射率を測定する。

【0020】本実施例による表面性状測定方法は、図3及び図4に示すように、複数の照射光路2a~2dの一つから物体表面の被解析面に光を照射し、複数の受光光路3a~3eのそれぞれが上記照射光の被解析面に対する反射光を受光する。そして、上記複数の照射光路2a~2dを順次選択することによって、該受光光路3a~3eの受光角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 と照射光路2a~2dの照射角 θ_1 、 θ_2 、 θ_3 、 θ_4 との和である解析角を種々変えて、複数の解析角における被解析面に対する光の反射率を測定し、予め測定された基準となる表面の光の反射率と比較して物体の表面の状態を解析する。かかる照射と受光は、まず、入力部6におけるランプ点灯制御装置15と、増幅器制御装置18とにより制御にされ、すべての受光光路3a~3eと所定の照射光路2a~2dの一つとが選択される。

【0021】次に、下記表1に示す各解析角度における照射角度と受光角度との組み合わせから、マイクロコンピュータ25、アナログ回路制御装置21による制御がなされ、順次該受光光路3a~3cと照射光路2a~2dを選択するようになっている。

【0022】

【表1】

解析角	照射角度	受光角度
60°	30°	30°
	45°	15°
	60°	0°
90°	45°	45°
	60°	30°
	75°	15°
120°	60°	60°
	75°	45°

【0023】例えば、解析角90°の場合には、照射角度75° ($\theta_1 + \theta_2$) となる照射光路2aと、受光角度15° (θ_3) となる照射光路3d、次に、60° ($\theta_1 + \theta_3$) となる2dと、30° (θ_4) となる3

b、更に45° (θ_2) となる2bと、45° ($\theta_3 + \theta_4$) となる3eの順に選択する。そして、受光光路により受光された光はアナログ信号増幅器17により増幅後、アナログ/デジタル信号変換器22により所定の出力信号に変換された後、マイクロコンピュータ25により解析される。

【0024】照射光は、図7に示すように、最も理想的な状態では、光照射の皮膚表面に対する照射角に対してこれと等しい反射角を中心に空間的広がりをもって反射する。従って、皮膚表面に対する照射光の入射角と等しい反射角の角度に受光器6を保持すれば、皮膚表面において吸収される光を除きほとんどがそのまま反射光として受光されることになる。しかし、皮膚表面は微小素面により凹凸状に形成されているので、微小素面Aの反射光は種々の方向に反射されるから、その面の入射角に対する受光角を定めれば、所定方向に傾いた微小素面Aの量に応じて受光する光の量に変化する。即ち、一方方向に傾いた微小素面の分布は、解析角 α を保持したまま受光角を変えることにより、その角度における反射率Rを測定する。反射率Rは、以下の式にて表わすことができる。

【0025】

【数1】 $R(r) = f[(i+r)/2] * g(\theta)$

【0026】ここで、 $f[(i+r)/2]$ はフレネルの反射率に基づく関数であって、受光角 r によらず一定である。 $g(\theta)$ は、 θ 方向をむく微小素面Aの数である。即ち、反射率 $R(r)$ は、微小素面Aの分布 $g(\theta)$ そのものとなる。従って、反射率 $R(r)$ を測定することによって、微小素面Aの分布の状態が解析できるのである。

【0027】一方、マイクロコンピュータ25には、予め所定の状態における皮膚の反射率を測定しておき、これを基準データとして、これと比較することによって、「肌の光沢」または「肌のつや」等を測定することができる。基準データとしては、所望の皮膚状態を解析するものであれば種々のものを基準データとして用いることができる。そして、種々の基準データと測定値とを比較して、被解析面における状態を、「肌の光沢」、「肌のつや」、「肌の老化」等の程度を判断する。かかる判断は、グラフを比較して解析者が行ってもよく、または、コンピュータ25に予め上記したような基準となる所要のデータを入力しておき、測定値をこれらのデータと比較演算してその度合いを所定の段階で評価値、例えば「A」、「B」等により表示するものであってもよい。

【0028】尚、このような解析状態にもとづいて被験者は「肌の光沢」や「肌のつや」に基づいた適当な肌の手入れを行い、またはファンデーションの塗布を適当に行うことができる。同時にCRT26では、皮膚表面の拡大画面が表示され、光の反射率のみによらないで、目視により表面性状を適確に把握する。

【0029】次に、図8～図11を参照して本実施例の実験例について説明する。図8は受光変角法による受光角と反射強度との関係を示すグラフ図であり、図9は試料変角法による受光角と反射強度との関係を示すグラフ図であり、図10は反射率の入射角依存性の関係を示すグラフ図であり、図11は受光変角法による反射光分布を示すグラフ図である。物体表面の形状すなわち、凹凸の大きさと、その表面反射の分布の基本的関係を調べるため、粗さの異なるサンドペーパーの歯科印象剤によるレプリカを取り、その表面反射光分布の測定を行った。サンプルは、80、400、1500メッシュのものについて行った。

【0030】〔測定条件〕図8に示す受光変角法では、
照射角 $i = 45^\circ$ 、

受光角 $r = (0 \sim 80^\circ)$

絞り = (入射/受光) 3.0/1.0

感度 = 950/950、角形スリット使用。

図9に示す試料変角法では、

照射角 $i + r = 90^\circ$ 、

受光角 $r = (15 \sim 75^\circ)$

絞り = (入射/受光) 3.0/1.0

感度 = 950/731、角形スリット使用。

【0031】尚、図8及び図9には示していないが、240、800メッシュ(＃)のレプリカの反射強度分布は、それぞれ、80と400メッシュ及び400と1500メッシュの中間の値が出力されていたが、ここでは、説明を簡単にするため240、800メッシュのグラフは省略する。

【0032】かかる測定結果から以下の結果①～③が導き出される。

①かかる図8及び図9から、受光変角法において表面反射光分布は受光角の大きい側で反射強度が相対的に大きくなり、試料変角法においては、鏡面方向($r = 45^\circ$)を中心に対象な分布を示していることが分かる。

②粗面の表面反射光は、均等拡散には達していないものの、その分布は $0 \sim 80^\circ$ まで広い範囲に分布している。

③表面粗さによって、表面の反射強度と分布は変化し、中間の粗さのもの(400メッシュ)が最も表面反射強度が大きい。

【0033】図11は、平滑面のレプリカの反射率の入射角依存性を実測してフレネル係数にあたるものを導出したもので、図9に示す変角法によって得られた測定値に、図10の反射率をかけあわせた値(受光角 $r = 45^\circ$ の反射強度で規格化して実線で示す)は、図11に示す受光変角法による測定値(図中一点鎖線で示す)によく一致していることが分かる。かかる実験結果から、照射角と受光角を種々変化した試料変角法による測定がより適切であることが分かる。このことは、通常、我々が表面を観察するとき試料を入射面内で回転させて見

たときの光沢ぐあいであると考えることができる。

【0034】本考案は、上述した一実施例に限定されず、本考案の要旨を逸脱しない範囲で種々変形可能である。例えば、照射光は自然光を用いることにかぎらず、図6に示すように、偏光フィルタ28を使用した偏光を用いるものであってもよい。例えば、照射光を入射面に垂直な振動面を持つ偏光S(S偏光)とし、受光器ではS偏光の反射率を測定するものとする。このとき、測定される反射強度は表面で反射された全ての光(S_s)と内部拡散光(D_s)との和(R_{ss})となる。そこで、次に、入射光を入射面と平行な振動面を持つ光(P偏光)とし、受光側のS偏光を測定すれば、表面反射光は観測されず、内部拡散光(D_s)のみが反射強度(R_{ps})として測定されるから、(R_{ss})から(R_{ps})を引いた値が表面反射強度として確実に測定することができる。従って、かかる偏光を用いて測定すれば、より適確な皮膚表面解析をすることができる。特に、同様にして内部拡散光(D_s)のみを測定することによって、肌の表面で反射する光をカットして、肌の表面状態、肌荒れやがさつきに無関係な肌の内部状態の測定が可能となる。また、照射光路及び受光光路は、光の通過する媒体であればよく、光ファイバーに限らず、レンズ等の他の媒体であつてもよい。尚、言うまでもなく、肌に限らず、金属等の他の表面状態に用いても良い。

【0035】

【発明の効果】本発明の表面性状測定方法及びその装置によれば、光の照射角度及び受光角度を種々設定し、かつ種々の角度を変化させて物体の表面の反射光強度を測定することによって、物体表面における「質感」、「光沢」、「つや」等の状態を適確に解析できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施例に用いられる表面性状測定装置の概略構成図。

【図2】図1に示す表面性状測定装置のヘッドの平面図。

【図3】図1に示すヘッドをIII-III線に沿って切断した概略断面図。

【図4】図1に示すヘッドをIV-IV線に沿って切断した概略断面図。

【図5】図1に示す表面性状測定装置の制御機構を示すブロック図。

【図6】本発明の他の実施例による表面性状測定装置のヘッドの平面図。

【図7】本発明による測定原理を説明する図。

【図8】受光変角法による受光角と反射強度との関係を示すグラフ図である。

【図9】試料変角法による受光角と反射強度との関係を示すグラフ図である。

【図10】反射率の入射角依存性の関係を示すグラフ図である。

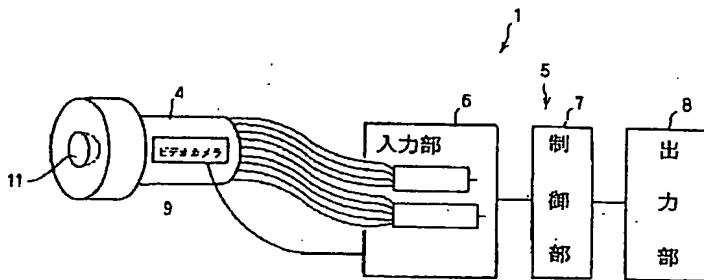
【図1】 受光変角法による反射光分布を示すグラフ図である。

【符号の説明】

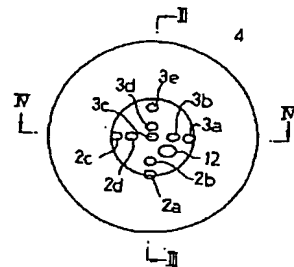
- 1 表面性状測定装置
2 a～2 d 照射光路 (入射用光ファイバー)
3 a～3 e 受光光路 (受光用光ファイバー)

- 4 ヘッド
5 本体
6 入力部
7 制御部
8 出力部

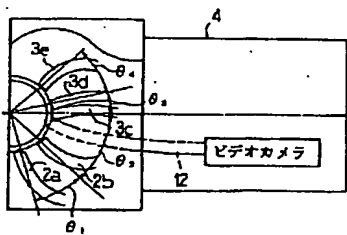
【図1】



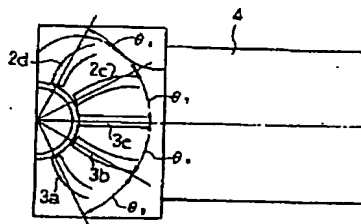
【図2】



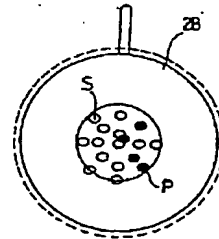
【図3】



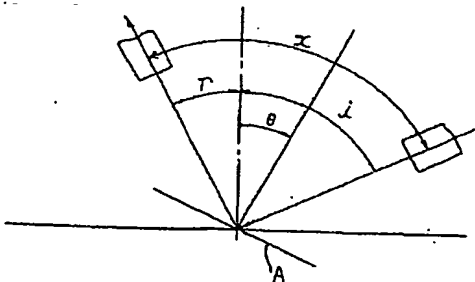
【図4】



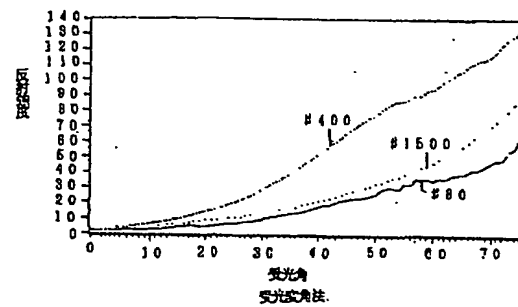
【図6】



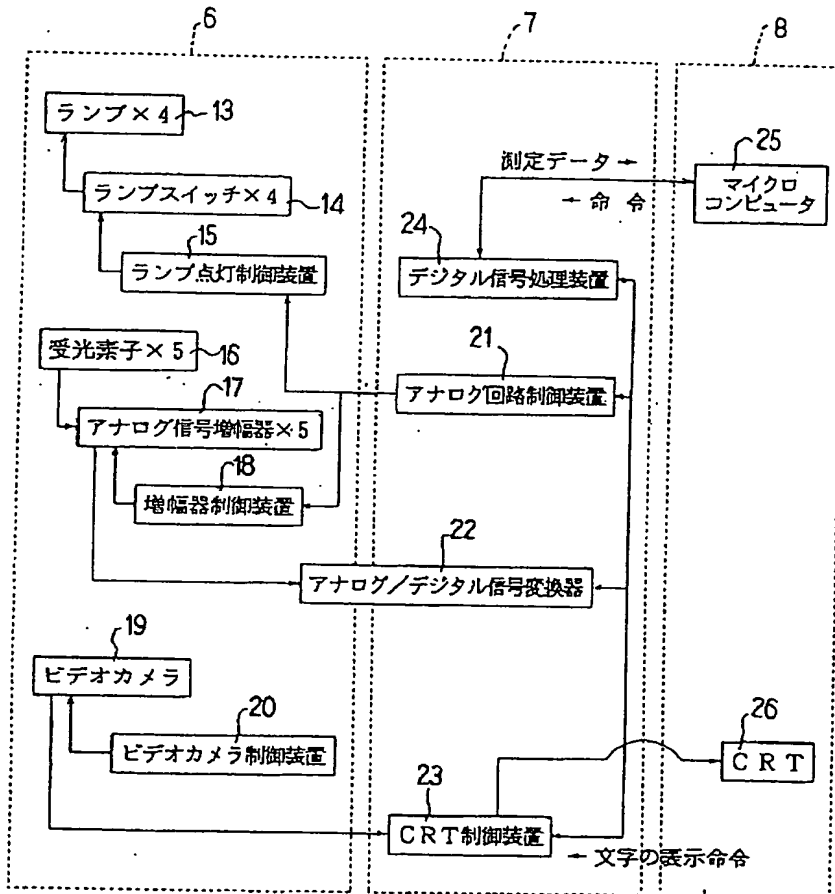
【図7】



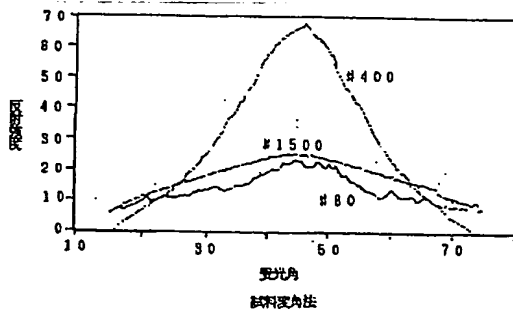
【図8】



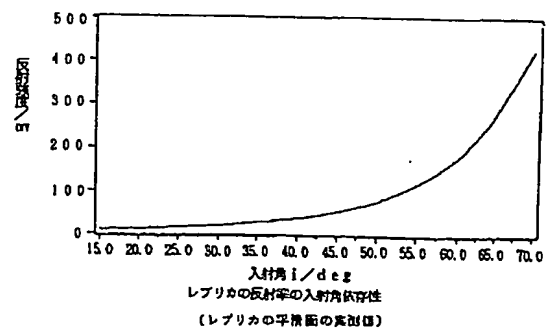
【図5】



【図9】



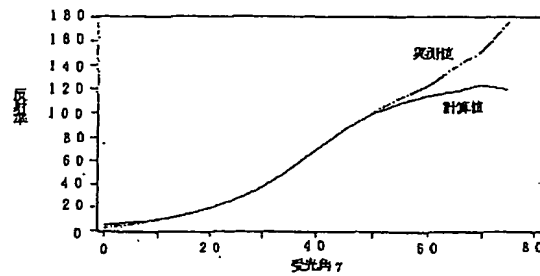
【図10】



(8)

特開平7-71945

【図11】



計算値は、
受光角法による表面反射光分布から計算した、
受光角法による反射光分布 (ソフトセル $\beta 400 \text{ nm}$)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☒ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.